

**REGIONE
PUGLIA**



CUP: E75G19000040005

**PIANO DEGLI INTERVENTI AIP 2020-2023 DI CUI ALLA DELIBERA N.6 DEL 22/02/2021
CON COPERTURA FINANZIARIA " FONDI DERIVANTI DA PROVENTI TARIFFARI"**

**PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE E DEL RECAPITO FINALE
A SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO DEL COMUNE DI SQUINZANO (LE)**

**Acquedotto Pugliese S.p.A.
Direzione Ingegneria**

**Il Responsabile del Procedimento
Ing. Matteo MORELLO**

**Il Direttore
Ing. Gaetano BARBONE**



Ingegneria Ambientale s.r.l.
www.ingegneriambientale.com
info@ingegneriambientale.com

Ing. Franco NACCI

Ing. Stefano SANSONE



Geotek plus s.r.l.
www.geotek-rilievi.com
info@geotek-rilievi.com



PROGETTAZIONE

**Il Progettista
Prof. Ing. Matteo Ranieri**

**Il Coordinatore della Sicurezza in
fase di progettazione
Prof. Ing. Matteo Ranieri**



UNING s.r.l.
info@uning.it



Ingegneria s.r.l.
ingegneria@uning.it

Elaborato

R.5

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice Intervento P1370


*Codice SAP
210000023391*

*Prot. N. 27346
Data 23/04/2021*

Scala:


00	MAG.2021	Emesso per Progetto DEFINITIVO			
N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato



	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 1 di 33

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	6
3. CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI	9
4. CARATTERI GEOSTRUTTURALI E SISMICITA'	14
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE	20
5.1 IMPIANTO DI DEPURAZIONE	20
5.2 RECAPITO FINALE	29
6. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO	31
7. CONCLUSIONI	33

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 2 di 33

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito della progettazione degli interventi finalizzati al potenziamento dell'impianto di depurazione a servizio dell'agglomerato di Squinzano e del relativo recapito finale (Figura 1).

Lo studio è servito a:

- ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area interessata dal progetto e a determinare la natura dei litotipi presenti;
- identificare i lineamenti geomorfologici della zona, attraverso la descrizione degli eventuali processi geomorfologici e dissesti in atto o potenziali;
- definire le caratteristiche della circolazione idrica superficiale;
- ricostruire lo schema idrogeologico;
- delineare i caratteri geo-strutturali generali e la sismicità dell'area;
- ricostruire un modello rappresentativo del sottosuolo con l'attribuzione dei principali parametri fisico-meccanici e del coefficiente di permeabilità dei terreni.

A tal fine si è provveduto ad effettuare:


- una ricerca ed un'analisi della bibliografia tecnico-scientifica e della cartografia esistente;
- un rilevamento geolitologico-geomorfologico di superficie.

Inoltre è stata eseguita

- una specifica campagna geognostica che si è articolata nelle seguenti attività:

area impianto

- n. 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo (S1), fino alla profondità di 15 m dal piano campagna (p.c.), per definire puntualmente la litostratigrafia;
- n. 2 prove S.P.T. in foro (Standard Penetration Test; SPT1 e SPT2), prelievo di n. 1 campione indisturbato, analisi geotecniche di laboratorio e n. 8 sondaggi penetrometrici dinamici pesanti (DPSH1 → DPSH8) per ottenere informazioni sulle caratteristiche meccaniche del sottosuolo;
- n. 2 tomografie sismiche a rifrazione (P1 e P2), con l'intento di definire l'andamento delle velocità delle onde di volume primarie (V_P) e determinare le proprietà elastomeccaniche del sottosuolo;

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 3 di 33

- n. 1 prospezione sismica con metodologia di acquisizione MASW (*Multichannel Analysis of Surface Wave* - MASW1) per classificare il sottosuolo di fondazione secondo l'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e le nuove NTC 2018.

Area vasche di spandimento

- n. 6 prove di tipo Lefranc in foro (PE1→PE6), nell'intervallo compreso tra 2-3 m di profondità dal piano campagna, per ottenere dei valori di permeabilità del sottosuolo.

In Figura 2 è riportata l'ubicazione delle indagini eseguite (Vedi anche elaborato di progetto P.16 "PLANIMETRIA INDAGINI GEOGNOSTICHE").


Il presente studio geologico è stato redatto in conformità al D.M.LL.PP. del 11/03/1988 (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione), al D.M. LL.PP. del 14/02/1992 (Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche), al D.M. 16/01/1996 (Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi), oltre che in conformità alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. LL.PP. 14 Gennaio 2008), al D.M. 17/01/2018 aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" ed alla Circolare esplicativa del 21 Gennaio 2019, n. 7., al O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003 e successivi aggiornamenti.



Figura 1 - Ortofoto a colori (2016) con ubicazione dell'impianto di depurazione e delle aree del recapito finale oggetto di intervento (sistema di riferimento WGS84 UTM 33N).



Figura 2 - Ubicazione delle indagini eseguite (in alto) all'interno dell'impianto e (in basso) nella zona del recapito finale (vedi elaborato di progetto P.17 "PLANIMETRIA INDAGINI GEOGNOSTICHE")

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 6 di 33

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di progetto si colloca nel settore centrale del Foglio n° 203 "Lecce" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 edita dal Servizio Geologico d'Italia (Figura 3, vedi anche elaborato di progetto P.18 "CARTA GEOLOGICA E IDROGEOMORFOLOGICA").

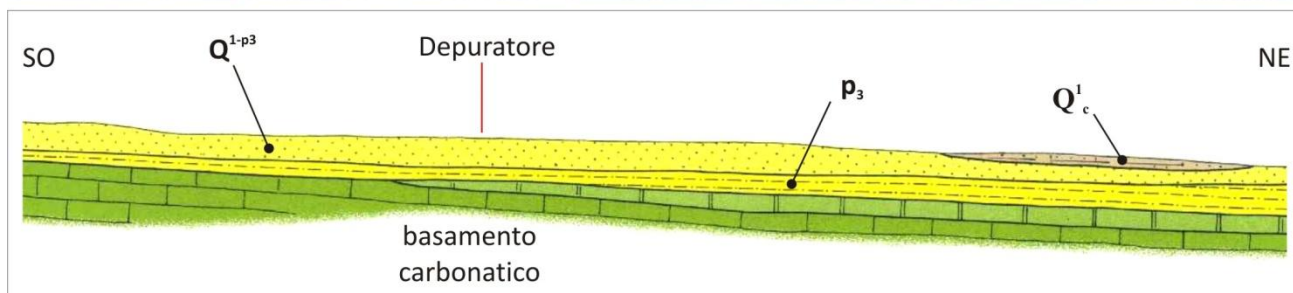
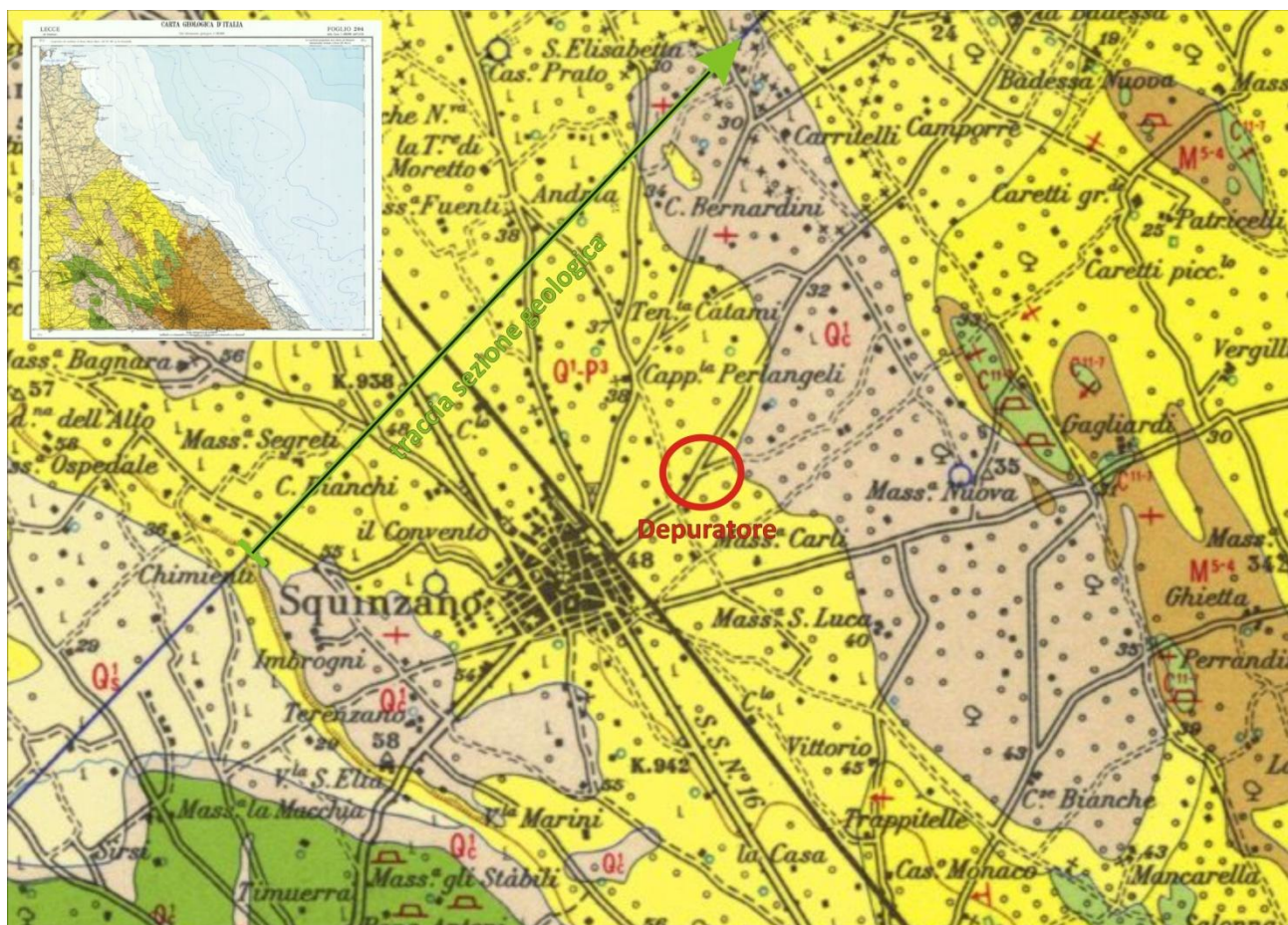
L'assetto litostratigrafico è costituito da una copertura di depositi marini terrazzati con termini in prevalenza sabbiosi (Q^1_c ; $Q1^{p3}$) e calcarenetici (p_3), sovrapposta ad un substrato carbonatico di età cretacea (Calcarea di Melissano C^{11-7} , Dolomie di Galatina C^{7-6}). I terreni affioranti nelle aree circostanti il depuratore, dall'alto verso il basso, sono i seguenti:

- Formazione di Gallipoli
 - Q^1_c : sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm di spessore con intercalazioni di banchi arenacei e calcarenitici ben cementati
 - Calcareniti del Salento
 - $Q1^{p3}$: sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre
- Calcareniti del Salento
 - p_3 : calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose-giallastre.
- Basamento carbonatico costituito da calcari e dolomie compatti, con grado di fratturazione e alterazione piuttosto variabile nelle tre dimensioni.

Lo spessore complessivo dei terreni presenti al di sopra del substrato carbonatico può superare i 100 m.

Dal punto di vista morfologico (Figura 4, vedi anche elaborato di progetto P.18 "CARTA GEOLOGICA E IDROGEOMORFOLOGICA"), l'impianto di depurazione ricade nella porzione settentrionale della penisola salentina, caratterizzata da un'ampia superficie subpianeggiante con una debole pendenza verso mare. L'assetto geomorfologico generale è stato condizionato da un'alternarsi di processi trasgressivo/regressivi, verificatisi durante il Pleistocene, che hanno portato alla formazione di una serie di superfici terrazzate di abrasione marina, raccordate da scarpate debolmente acclivi e poste a quote decrescenti verso mare (orli di terrazzo). Ulteriori elementi fisiografici sono rappresentati da bacini endoreici di estensione inferiore ad 1 ha e forme carsiche di tipo dolina. Non si rileva, invece, alcuna idrografia superficiale.

L'area interessata direttamente dall'intervento risulta pressoché pianeggiante con quote variabili tra 35-37 m s.l.m. I rilievi di superficie hanno confermato l'assenza di fenomeni geomorfologici, in atto o potenziali, di interesse ai fini della progettazione.







- 
Q_{1c}: sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate con intercalazioni di banchi arenacei e calcarenitici ben cementati
- 
Q_{1-p3}: sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose
- 
p₃: calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose-giallastre
- 
basamento carbonatico

Figura 3 - Stralcio del Foglio 203 "LECCE" della Carta Geologica d'Italia, scala 1 : 100000.

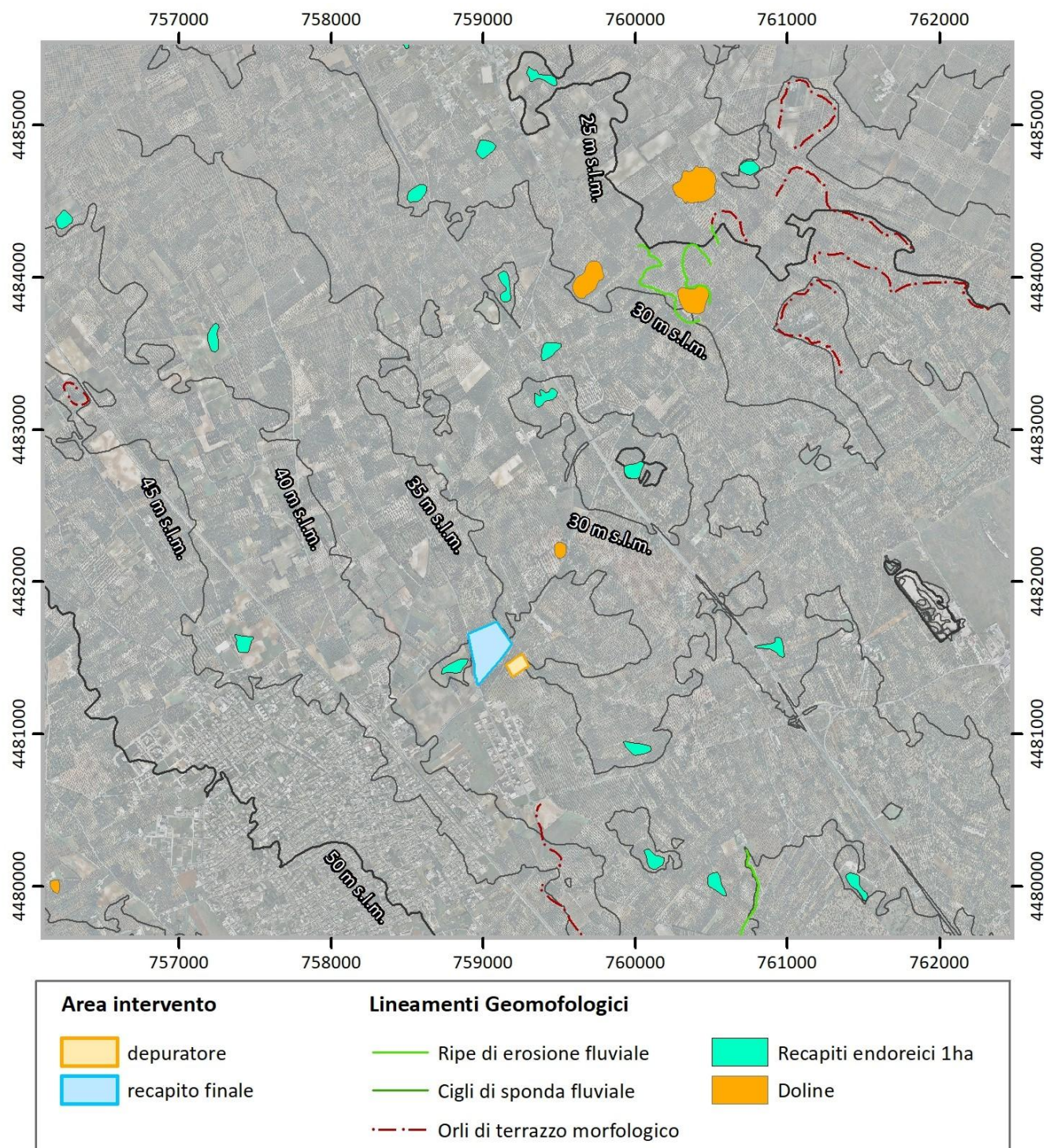



Figura 4 - Principali lineamenti geomorfologici del territorio circostante l'area di intervento, estratti dalla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia.

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 9 di 33

3. CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI


Il territorio in esame, ricade all'interno del Bacino Idrografico codificato nel PTA con la sigla R16-158, "altri bacini regionali con immissione in mare" (Figura 5), avente un'estensione di circa 44 Km². Il reticolo idrografico risulta di fatto assente (Figura 6) a causa sia della morfologia subpianeggiante sia dell'elevata permeabilità dei terreni affioranti che favoriscono la rapida infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo, impedendo un prolungato ruscellamento superficiale.

Lo schema idrogeologico generale è contraddistinto dalla presenza di 3 unità idrogeologiche (Figura 7) che rivestono un diverso ruolo idrostrutturale. Queste, dalla più profonda a quella più superficiale, sono:

- unità calcarea profonda, corrispondente alla successione carbonatica cretaceo - pliocenica, permeabile essenzialmente per fessurazione e carsismo, con grado di permeabilità variabile da mediamente a molto permeabile. All'interno del basamento carbonatico circola la falda di base.
- unità argilloso - marnosa, praticamente impermeabile, rappresenta un acquiclude;
- unità superiore, corrispondente ai depositi calcarenitico-sabbiosi permeabile per porosità e sede di una falda superficiale a pelo libero sostenuta dalla sottostante unità argilloso-marnosa.

La falda profonda viene alimentata dall'acquifero murgiano e fluisce verso il mare, in direzione perpendicolare alla linea di costa, con gradienti piezometrici compresi tra 0.1% e 0.6%. Nei settori costieri l'acquifero mesozoico galleggia sulle acque di intrusione marina. La separazione tra i due corpi idrici è data da una zona di transizione, costituente un'interfaccia a spessore variabile. L'intenso sfruttamento della falda profonda ha determinato e determina una progressiva espansione della zona di transizione sia arealmente verso l'entroterra sia in profondità, con conseguente degrado qualitativo delle acque sotterranee (zone a contaminazione salina). La carta della "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi" (Figura 8), redatta nell'ambito dell'ultimo aggiornamento del Piano di Tutela della Regione Puglia (Elaborato C.5), indica un valore di circa 1 m s.l.m. per l'area della stazione elettrica e di conseguenza la superficie freatica dovrebbe rinvenirsi ad una profondità di oltre 30 m dal piano campagna.

La falda superficiale che si sviluppa nei terreni pleistocenici permeabili per porosità, invece, ha modeste potenzialità idriche e risulta sensibile alle variazioni climatiche stagionali; inoltre, la velocità di circolazione dei fluidi interstiziali può subire notevoli variazioni nello spazio a causa

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 10 di 33

della variabilità granulometrica che contraddistingue le formazioni. Dal punto di vista generale si può affermare che le modalità di deflusso di questa falda dipendono quasi totalmente dalla morfologia che caratterizza il substrato argilloso che la sostiene. Nel settore in cui ricade il depuratore essa non è presente (Figura 9) .

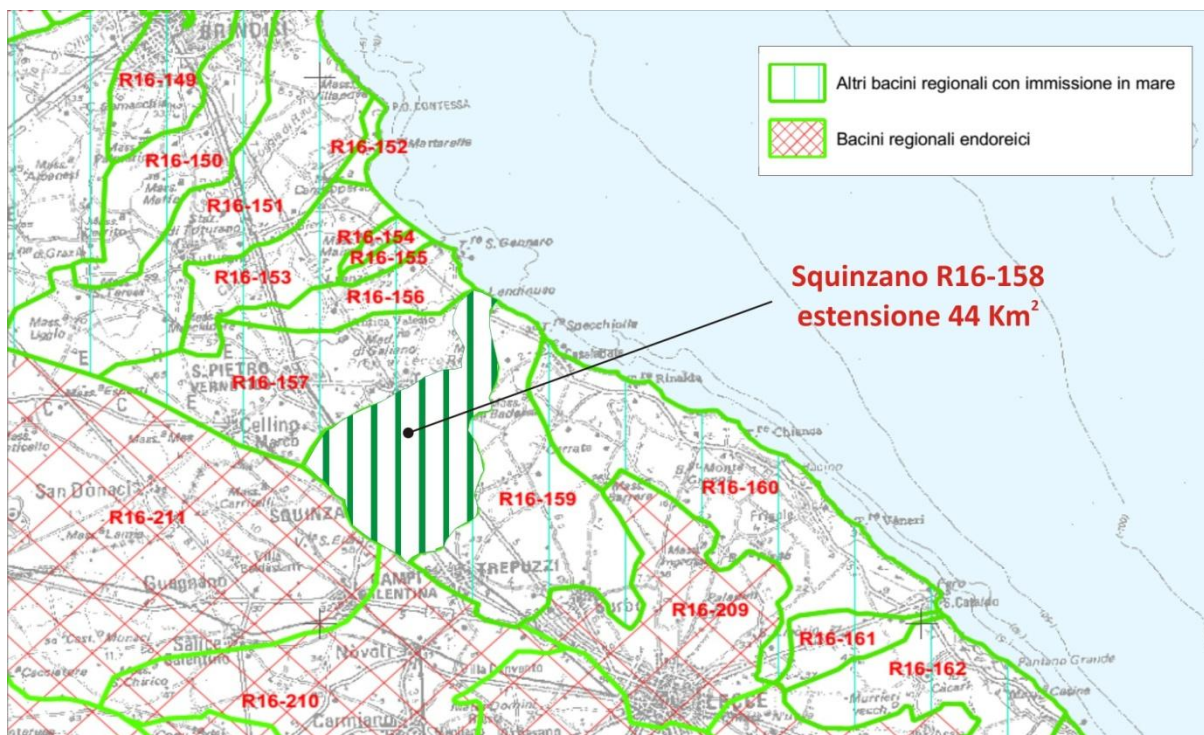


Figura 5 - Stralcio della carta dei Bacini idrografici della Regione Puglia (dal Piano Tutela Acque – Tav. 1.4).

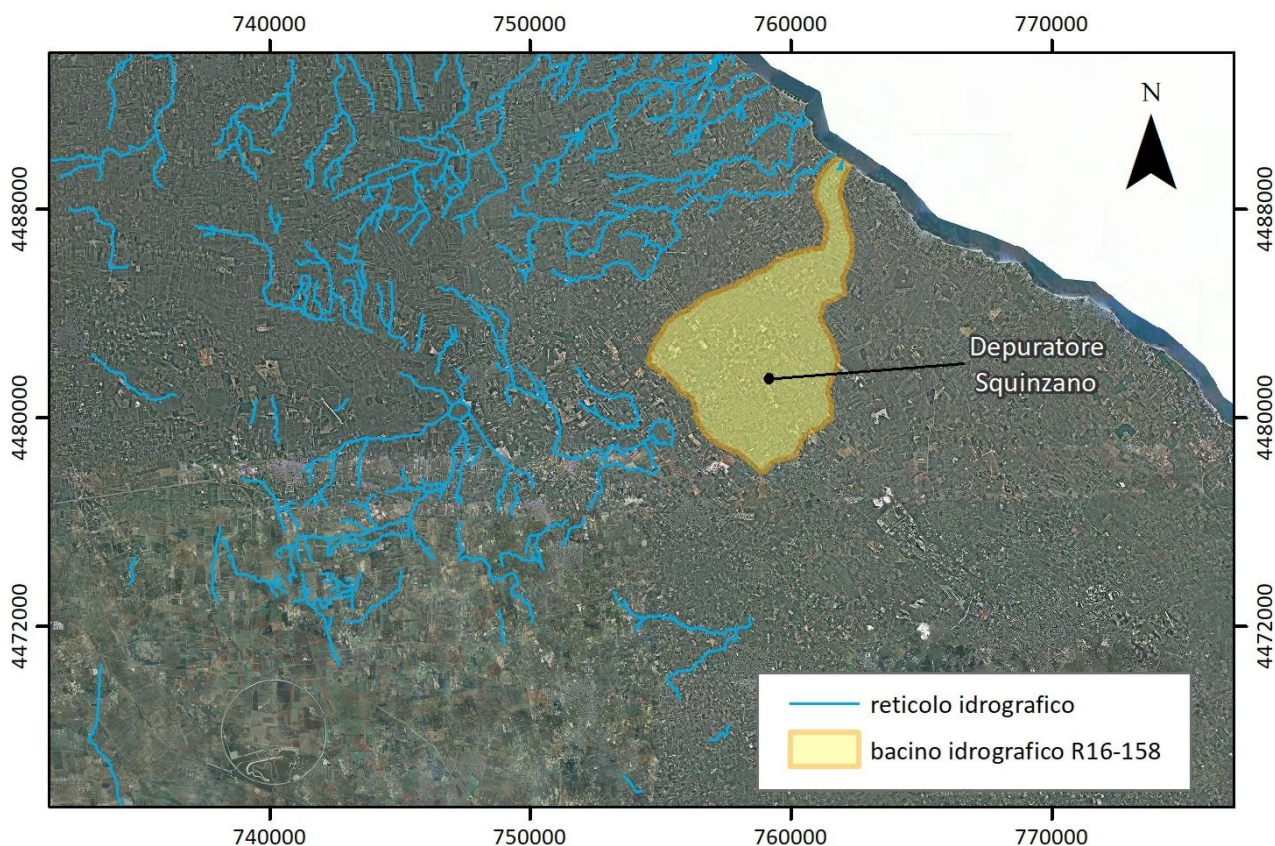


Figura 6 - Reticolo idrografico della penisola salentina settentrionale e della piana di Brindisi.

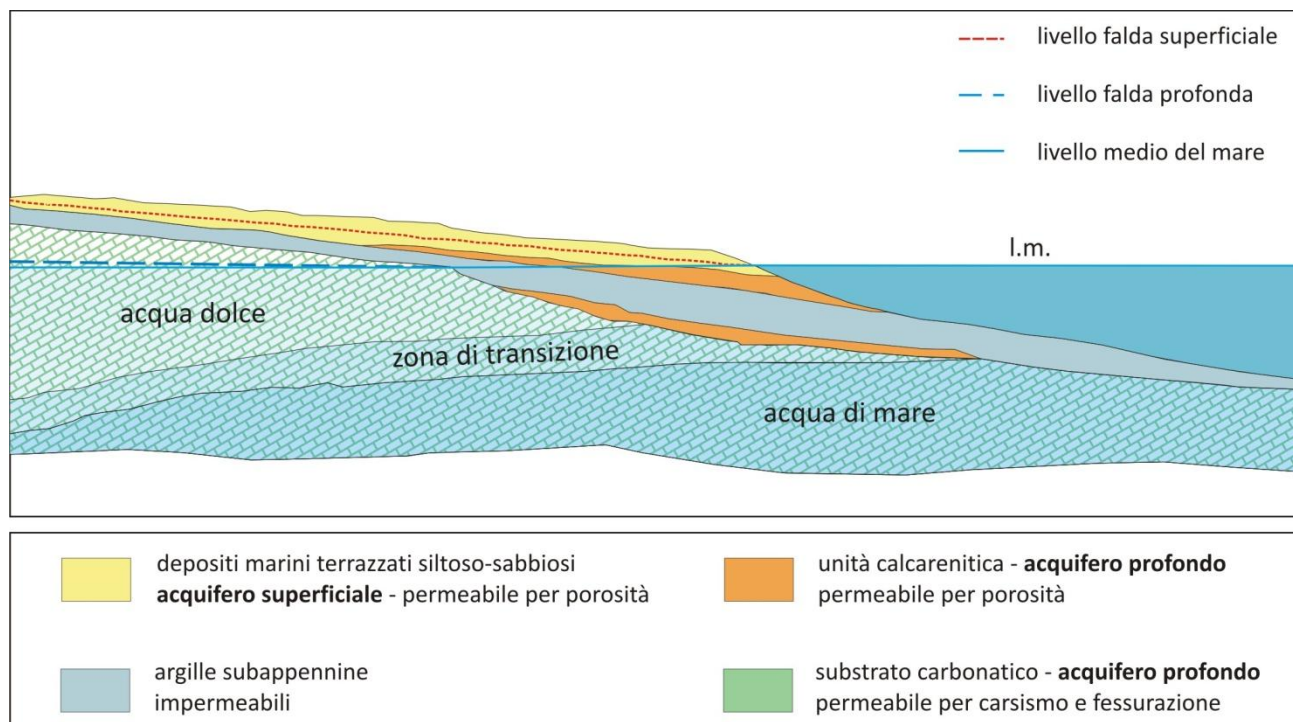


Figura 7 - Schema generale della circolazione idrica sotterranea.



Figura 8 - Stralcio della carta "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi" (Tav. C.5 della proposta di aggiornamento del Piano di Tutela della Regione Puglia. Il cerchio fucsia indica l'area di progetto.

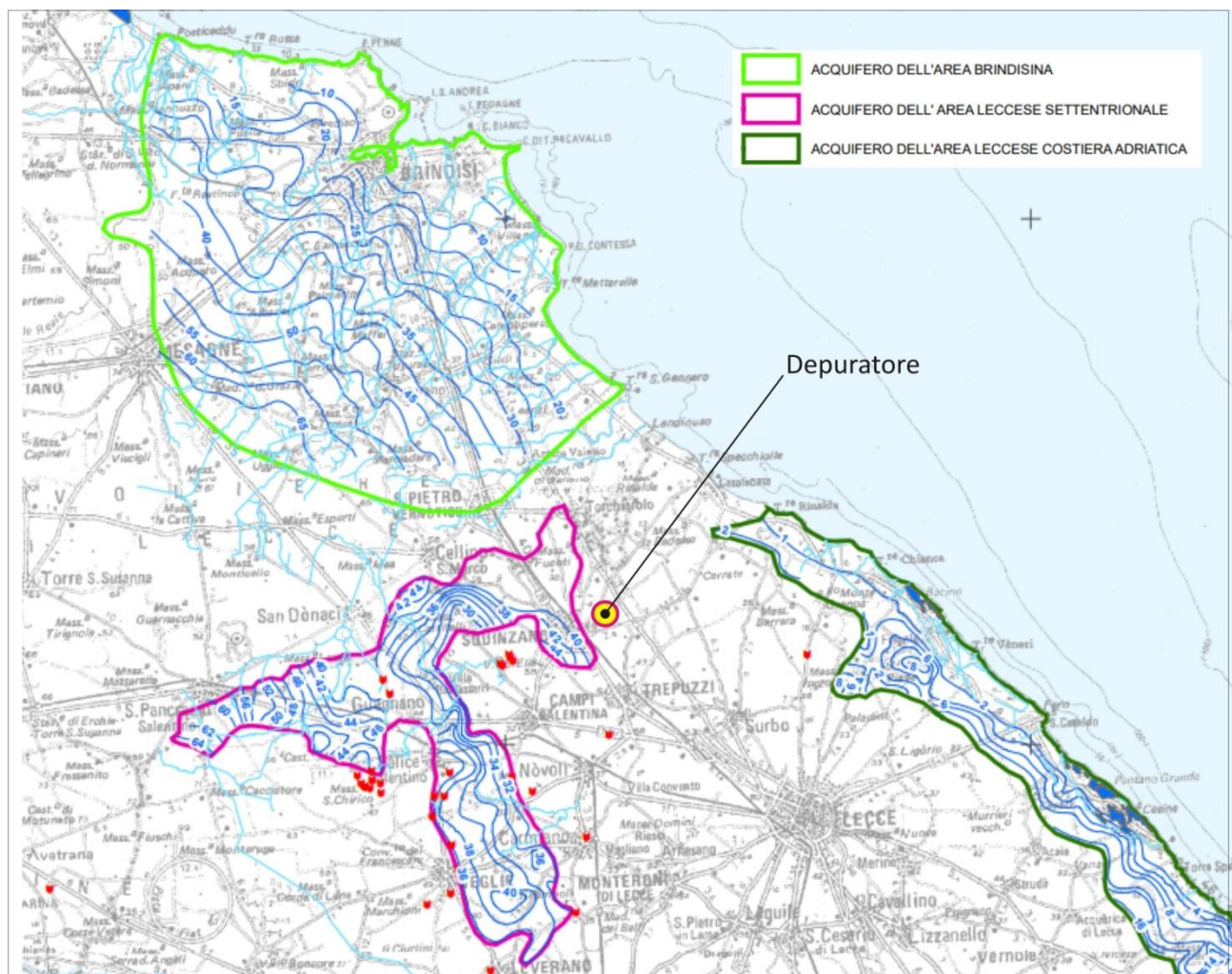


Figura 9 - Stralcio della carta "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi porosi del Brindisino, Tarantino e Salento" (Tav. 6.3.2 del Piano di Tutela della Regione Puglia). Il cerchio fucsia indica l'area di progetto.

4. CARATTERI GEOSTRUTTURALI E SISMICITA'

L'area di studio si trova in una porzione del territorio italiano nota in letteratura geologica con il nome di "Avanpaese Apulo". Questa rappresenta la parte meno deformata del complesso in cui si sta sviluppando la Catena appenninica ed in generale presenta una bassa esposizione al rischio sismico. In effetti, la zonazione sismogenetica ZS9 redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, Figura 10) per la valutazione della pericolosità sismica del territorio italiano, non individua alcuna zona ad elevata sismicità in prossimità dell'area di progetto.

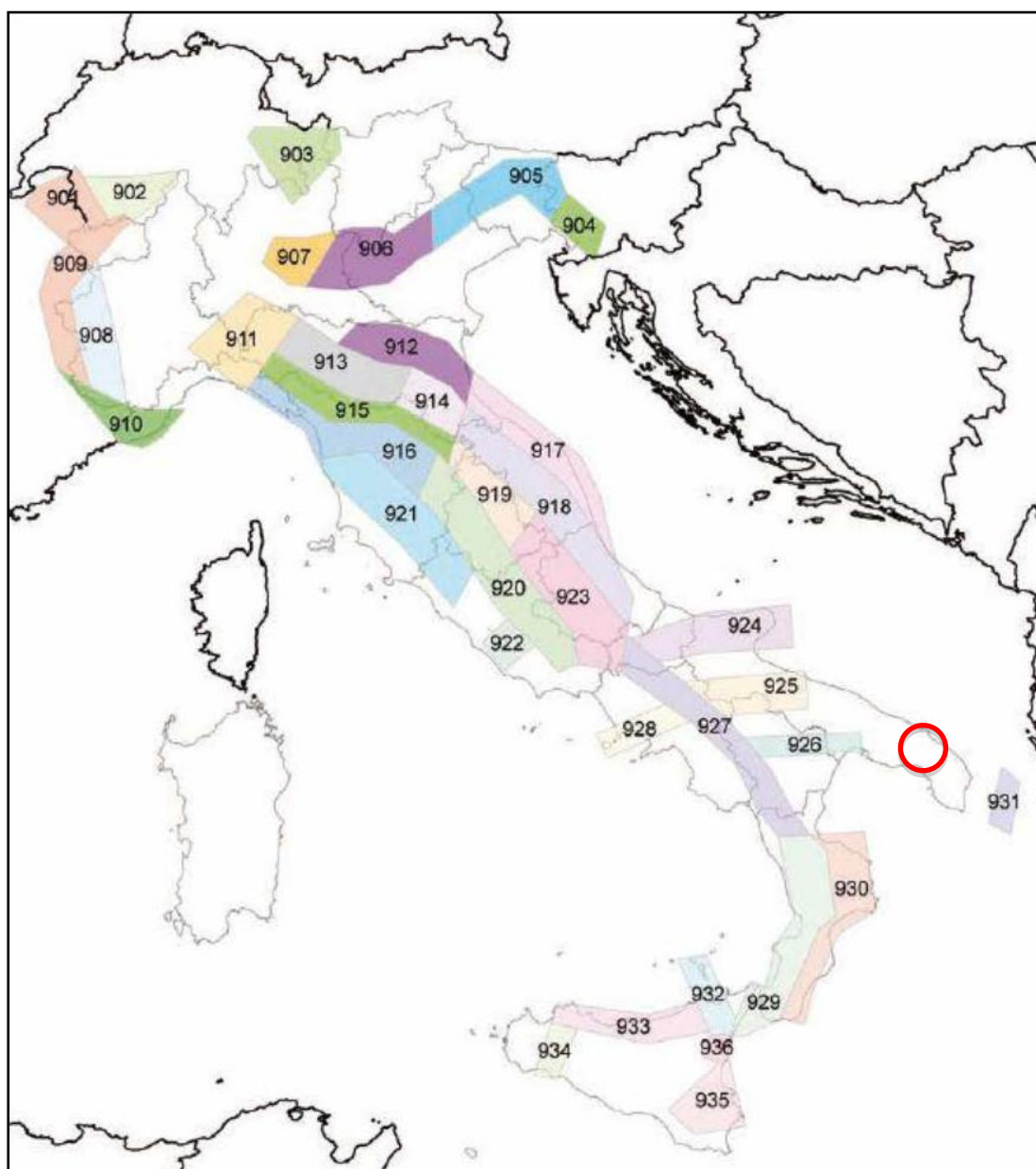


Figura 10 - Zonazione sismogenetica ZS9 (I.N.G.V.).

L'analisi dei dati messi a disposizione dall'I.N.G.V. (Database of Individual Seismogenic Sources Figura 11) evidenzia che le sorgenti sismogenetiche complesse più prossime non determinano alcun aumento di pericolosità per l'area di studio: quella ubicata verso la Catena appenninica, si individua nella zona di Baragiano-Palagianello (code ITCS005), posta ad una distanza di circa 70 km e contraddistinta da terremoti di magnitudo massima registrata pari a 5.8; mentre la sorgente sismogenetica più vicina dal lato Est, verso i Balcani, è rappresentata dall' Albania offshore (code ALCS004), posta ad una distanza di circa 90 km e contraddistinta da terremoti di magnitudo massima registrata pari a 6.0.

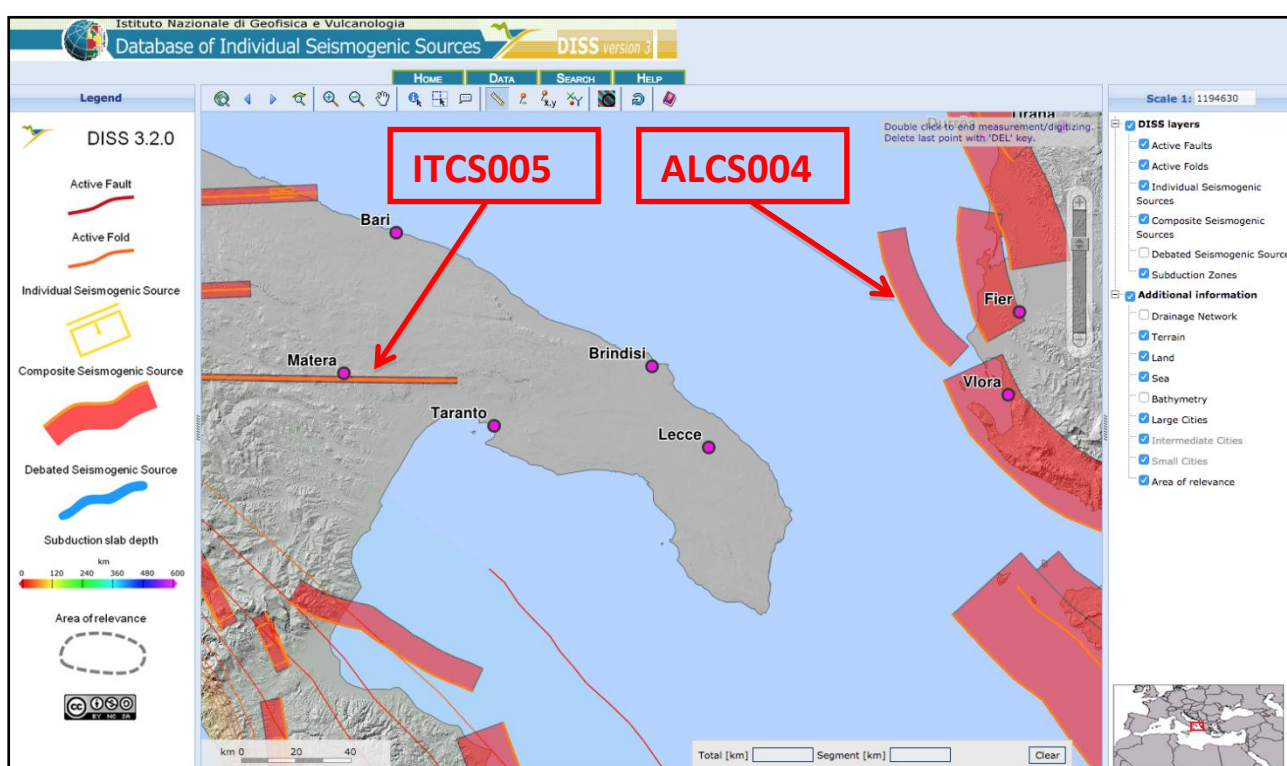


Figura 11 - Database of Individual Seismogenic Sources (I.N.G.V.).

Anche l'analisi della sismicità storica conferma un rischio sismico “basso” al Comune di Squinzano. A chiarimento di ciò, si riportano i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall'anno 1000 al 2017 (Fonte “DBMI15” - Un database di osservazioni macrosismiche di terremoti italiani a cura di *Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E.* (2016). *Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0.* Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV <http://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2>).

La distribuzione temporale degli eventi sismici che hanno interessato il Comune di Squinzano è rappresentata in Figura 12.

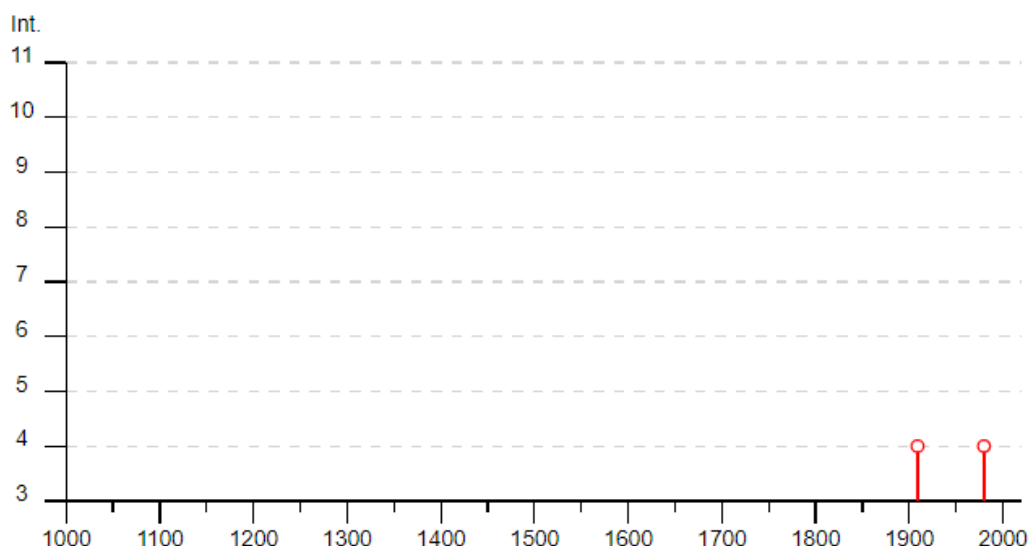



Figura 12 - Distribuzione temporale degli eventi risentiti a Squinzano, aventi un' intensità superiore o uguale a 4.

La Tabella 1 elenca i singoli eventi con le relative intensità. Sono indicati anche data e ora, area epicentrale ed effetti risentiti. Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna “Effetti” riporta, in termini di *intensità ($I_s \cdot 10$)* (Scala Mercalli – MCS), quanto “*forte*” è stato avvertito il terremoto a Brindisi e nell'immediato circondario, mentre la colonna “in occasione del terremoto del:” riporta, oltre alla data, al toponimo dell'area epicentrale e il numero di osservazioni macrosismiche (NMPD), quanto “*forte*” è stato il terremoto sia in termini di *intensità (I_o)* che di *magnitudo (M_w)* (Scala Richter).

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMPD	I_o M_w
4	1909	01	20	19	58		Salento	32	5 4.51
2	1978	09	24	08	07	44	Materano	121	6 4.75
4	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
NF	1988	04	13	21	28	2	Golfo di Taranto	272	6-7 4.86
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375	5.77

Tabella 1 - Elenco e caratteristiche principali dei terremoti risentiti a Squinzano. NF: not felt.

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 17 di 33

Per valutare la pericolosità sismica di base è possibile utilizzare la nuova mappa di pericolosità sismica MPS04 adottata con l'Ordinanza OPCM n. 3519 del 28.04.2006 (Figura 12).

Con le nuove Norme tecniche per le costruzioni del 2008 e con gli aggiornamenti successivi del 2018 è stato previsto che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base. Le azioni di progetto si ricavano, pertanto, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ottenere quindi il valore di accelerazione si può prendere in considerazione la mappa di pericolosità sismica con indicati i valori di a_g su griglia con passo $0,05^\circ$ (Figura 14). Il valore che si ottiene è compreso tra 0,025 g e 0,050 g ed è quindi pari a 0,050 g di accelerazione orizzontale massima di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Il livello di pericolosità sismica è definito “basso”.

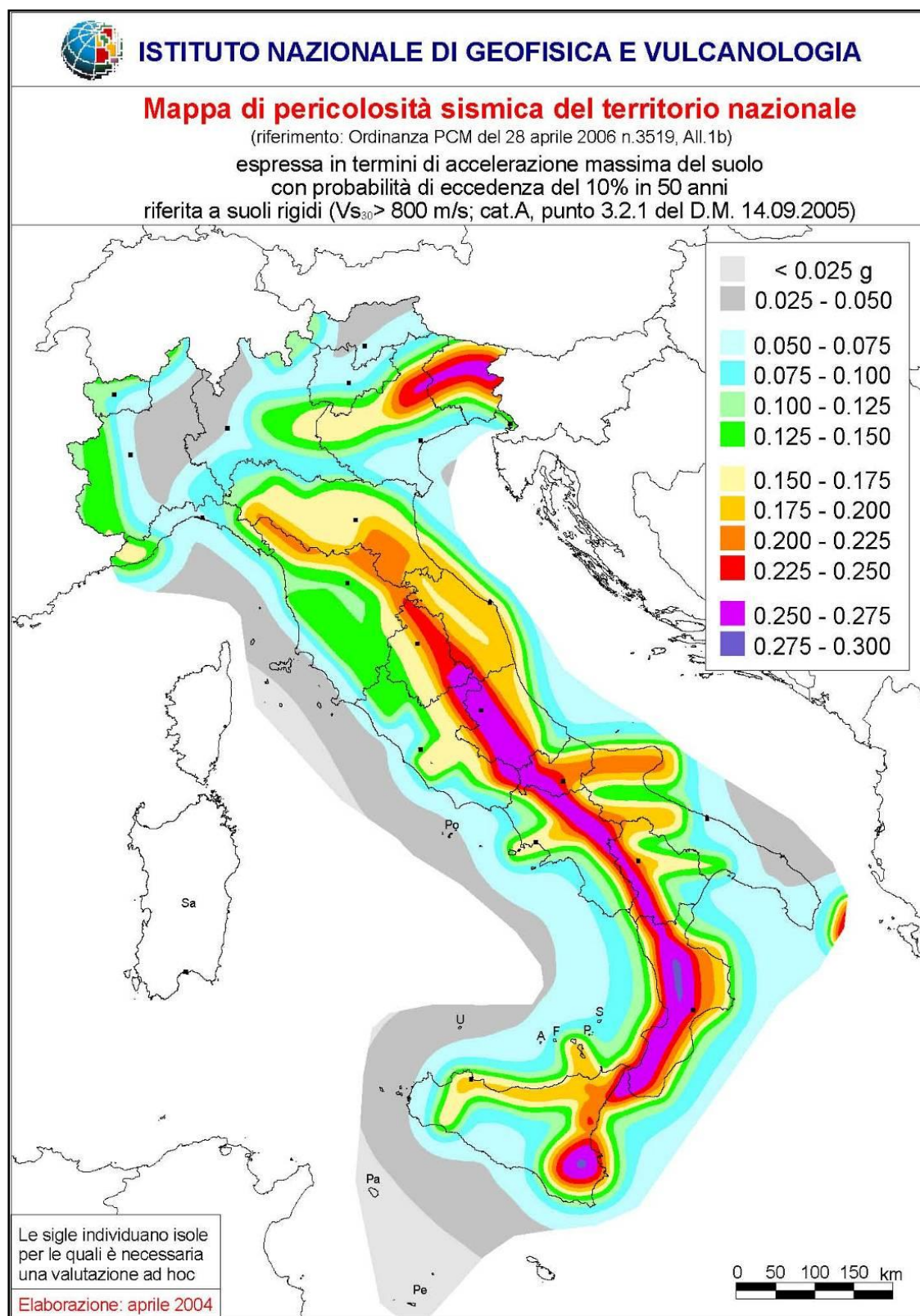


Figura 13 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06).

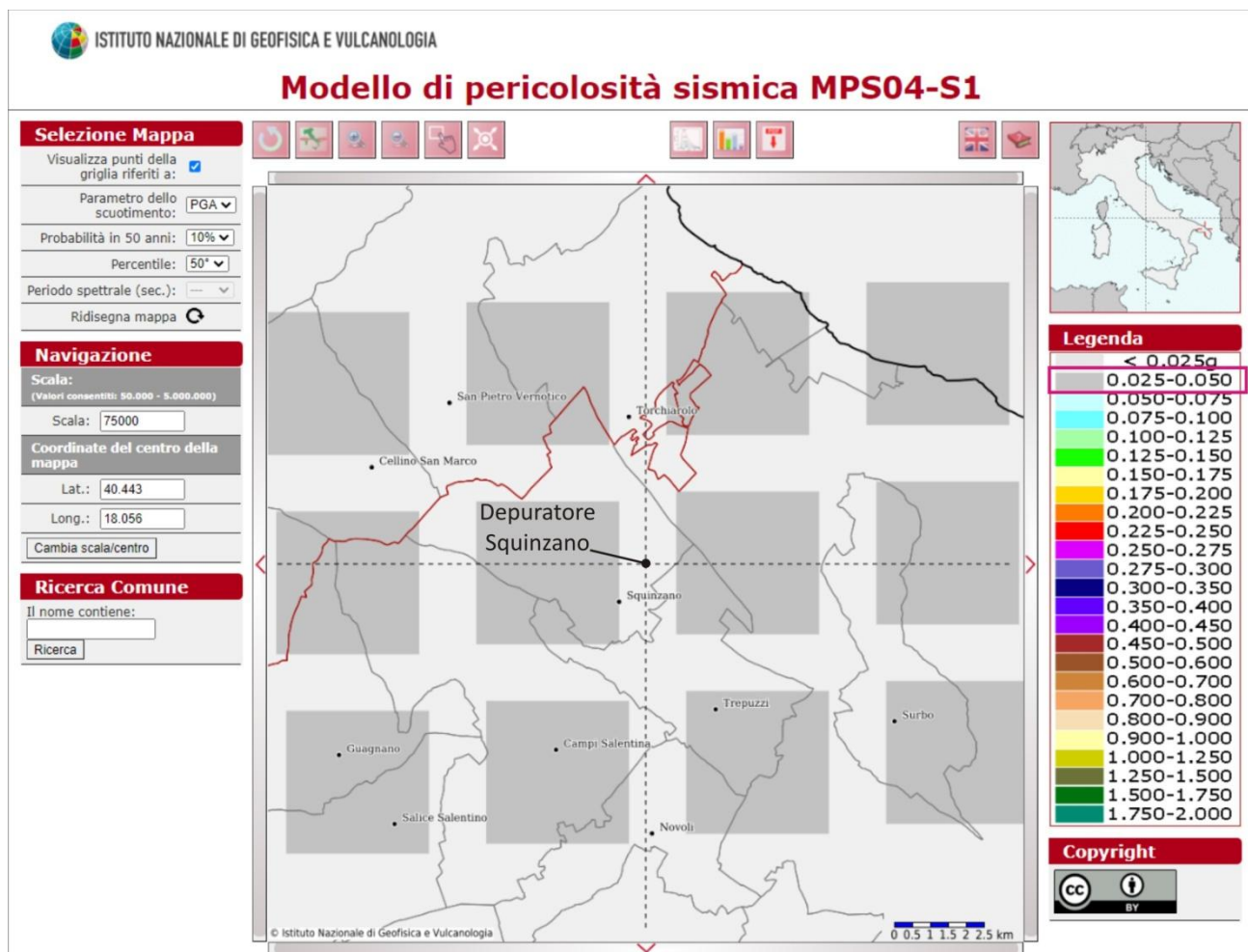



Figura 14 - Valori di accelerazione al suolo attesi indicati nella mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV.

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 20 di 33

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già anticipato in premessa, nell'ambito del presente studio è stata condotta un'apposita campagna geognostica per la caratterizzazione del sottosuolo interessato dagli interventi di progetto (vedi elaborato di progetto P.17 Planimetria delle indagini geognostiche"). L'analisi e l'integrazione di tutte le informazioni acquisite hanno consentito:

- la ricostruzione del modello litostratigrafico del sottosuolo all'interno del depuratore, con indicazione dei principali parametri geotecnici dei terreni direttamente interessati dalla realizzazione di nuove opere con strutture di fondazione, secondo quanto previsto dalla normativa tecnica di riferimento NTC 2008 - 2018;
- la definizione delle caratteristiche di permeabilità degli strati superficiali del sottosuolo nelle zone dove è previsto il potenziamento del recapito finale mediante la realizzazione di nuovi campi di trincee drenanti per la dispersione dei reflui depurati.

Per dettagli tecnici sulle strumentazioni impiegate, sulle metodologie di acquisizione ed elaborazione dei dati, si rimanda all'elaborato di progetto R5.1 "QUADERNO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE".

Di seguito si discutono i risultati più significativi in relazione agli interventi previsti.

5.1 IMPIANTO DI DEPURAZIONE

Le indagini geognostiche eseguite all'interno dell'impianto di depurazione (Figura 15) sono consistite in:

- n. 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo (S1), fino alla profondità di 15 m dal piano campagna (p.c.)
- n. 2 prove S.P.T. in foro (Standard Penetration Test; SPT1 e SPT2)
- prelievo di n. 1 campione indisturbato da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio
- n. 8 sondaggi penetrometrici dinamici pesanti (DPSH1 → DPSH8) per ottenere informazioni sulle caratteristiche meccaniche del sottosuolo;
- n. 2 tomografie sismiche a rifrazione (P1 e P2);
- n. 1 prospezione sismica con metodologia di acquisizione MASW (*Multichannel Analysis of Surface Wave* - MASW1)

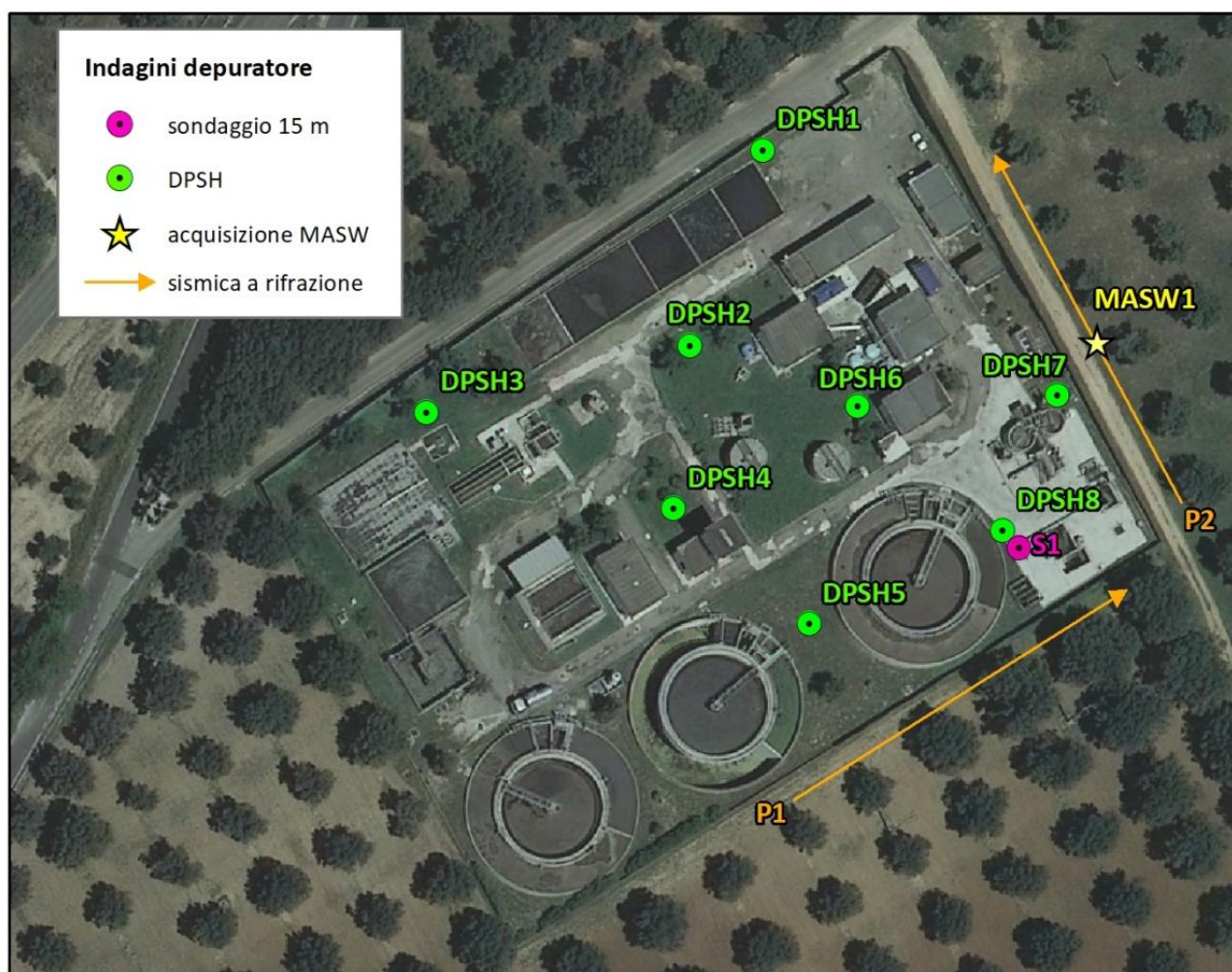



Figura 15 - Ubicazione delle indagini eseguite all'interno dell'impianto (vedi elaborato di progetto P.17 "PLANIMETRIA INDAGINI GEOGNOSTICHE").

L'analisi delle carote estratte durante l'esecuzione del sondaggio ha permesso di definire le principali unità litostratigrafiche presenti nel sottosuolo (Figura 16).

Dall'alto verso il basso:


- il primo intervallo è rappresentato da una copertura superficiale avente uno spessore complessivo di circa 1,20 m. Essa è costituita da riporto per 40 cm e da terreno vegetale per circa 80 cm. Si tratta di materiale prevalentemente terroso, con granulometria sabbioso-limosa di colore marroncino. Nella porzione più superficiale sono presenti alcuni clasti centimetrici mentre nella parte inferiore le sabbie limose assumono un colore rossastro.
- al di sotto della copertura, fino alla profondità massima raggiunta dalla perforazione (15 m dal piano campagna), si rinvencono depositi costituiti da una alternanza di sabbie e sabbie calcaree,

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 22 di 33

di colore prevalentemente giallastro, caratterizzate da una granulometria variabile da media a fine. Fino a circa 6,00 m di profondità, l'unità è caratterizzata dalla presenza di noduli o livelli di concrezioni calcaree o calcitiche. Inoltre, tra circa 2,90 m e 3,80 m, è presente un intervallo costituito da sabbie medio-fini con livelli o lamine limose grigiastre. Oltre i 6,00 m dal piano campagna non si rinvencono evidenti concrezioni calcaree ed i depositi sabbiosi assumono, a tratti, un colore rossastro. Nel complesso l'unità risulta mediamente addensata e compatta.

Profondità'	Spessore	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Prof. SPT	N° colpi SPT
0.40	0.40		TERRENO DI RIPORTO O TERRENO RIMANEGGIATO CON RARI CLASTI CENTIMETRICI			
0.80	0.80		TERRENO VEGETALE SABBIOSO-LIMOSO BRUNO-ROSSASTRO			
1.20	1.70		SABBIE MEDIO-FINI E SABBIE CALCAREE GIALLASTRE CON NODULI E LIVELLI DI CONCREZIONI CALCAREE. SI ALTERNANO LIVELLI CON DIFFERENTE GRADO DI ADDENSAMENTO, COMPATTEZZA E/O CEMENTAZIONE			
2.90	0.90		SABBIE MEDIO-FINI GIALLASTRE CON LIVELLI O LAMINE LIMOSE		3.00	39 32 49
3.80	2.20		SABBIE MEDIO-FINI E SABBIE CALCAREE GIALLASTRE CON NODULI E LIVELLI DI CONCREZIONI CALCAREE. SI ALTERNANO LIVELLI CON DIFFERENTE GRADO DI ADDENSAMENTO, COMPATTEZZA E/O CEMENTAZIONE	5.00 C1-S1 5.00		
6.00	9.00		SABBIE MEDIO-FINI E SABBIE CALCAREE GIALLASTRE, A TRATTI ROSSASTRE. SI ALTERNANO LIVELLI CON DIFFERENTE GRADO DI ADDENSAMENTO, COMPATTEZZA E/O CEMENTAZIONE		8.00	47
15.00						Rif.

Figura 16 - Colonna stratigrafica schematica del sondaggio S1.

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 23 di 33

Le prove penetrometriche dinamiche in foro (SPT) e quelle superpesanti (DPSH) hanno consentito di riconoscere gli intervalli contraddistinti da un comportamento meccanico uniforme, all'interno dello schema litostratigrafico descritto. I materiali della copertura superficiale e la parte superiore dei depositi sabbiosi risultano poco addensati e scarsamente consistenti. Lo spessore di questo primo intervallo risulta molto variabile nei diversi settori investigati, oscillando tra un minimo di 60 cm ed un massimo di 2.80 m, probabilmente per effetto dei movimenti terra eseguiti in concomitanza di precedenti interventi eseguiti nell'impianto. Al di sotto di questo intervallo superficiale, il grado di compattezza dei depositi sabbiosi aumenta ed i materiali diventano da moderatamente addensati ad addensati e/o molto addensati. Anche le massime profondità di indagine raggiunte dalle prove penetrometriche (rifiuto strumentale) risultano piuttosto eterogenee, comprese tra 3.60 m e 7.60 m dal piano campagna: tale variabilità potrebbe essere dovuta alla presenza localizzata e a diversa quota stratigrafica, di livelli di concrezioni calcaree di maggiore spessore e/o resistenza. La Figura 17 mostra, a titolo di esempio, l'istogramma colpi/profondità relativo al sondaggio penetrometrico DPSH1, eseguito in prossimità del sondaggio S1 in modo da poter correlare più rigorosamente l'assetto litostratigrafico con i riscontri sulla consistenza dei materiali. In questo caso l'unità di copertura ha uno spessore di soli 60 cm e la prova si è conclusa a circa 3.60 m di profondità. Gli intervalli di variazione dei più significativi parametri di resistenza meccanica dell'unità litotecnica di base sono stati desunti utilizzando le principali correlazioni riportate dalla letteratura tecnico-scientifica (vedi appendice dell'elaborato di progetto R5.1 "QUADERNO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE"). La tabella 2 riporta sinteticamente gli intervalli dei valori ottenuti.

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Densità relativa (%)	Angolo d'attrito (°)	Modulo Edometrico Eed (Kg/cm ²)	Modulo di Young statico Ey (Kg/cm ²)	Classificazione AGI
Strato 1	2,0-4,18	0,60-2,80	--	--	--	--	--	--	SCIOLTO O POCO CONSISTENTE
Strato 2	25,94-47,47	3,60-7,60	2,09-2,23	--	100	34,41-40,56	80,75-124,97	204,70-312,25	MOD. ADDENSATO E ADDENSATO

Tabella 2 - Sintesi dei parametri geotecnici ottenuti per la seconda unità litotecnica individuata (per la visione completa dei parametri desunti da ogni singola prova si rimanda all'Appendice 1, in coda alla presente relazione).

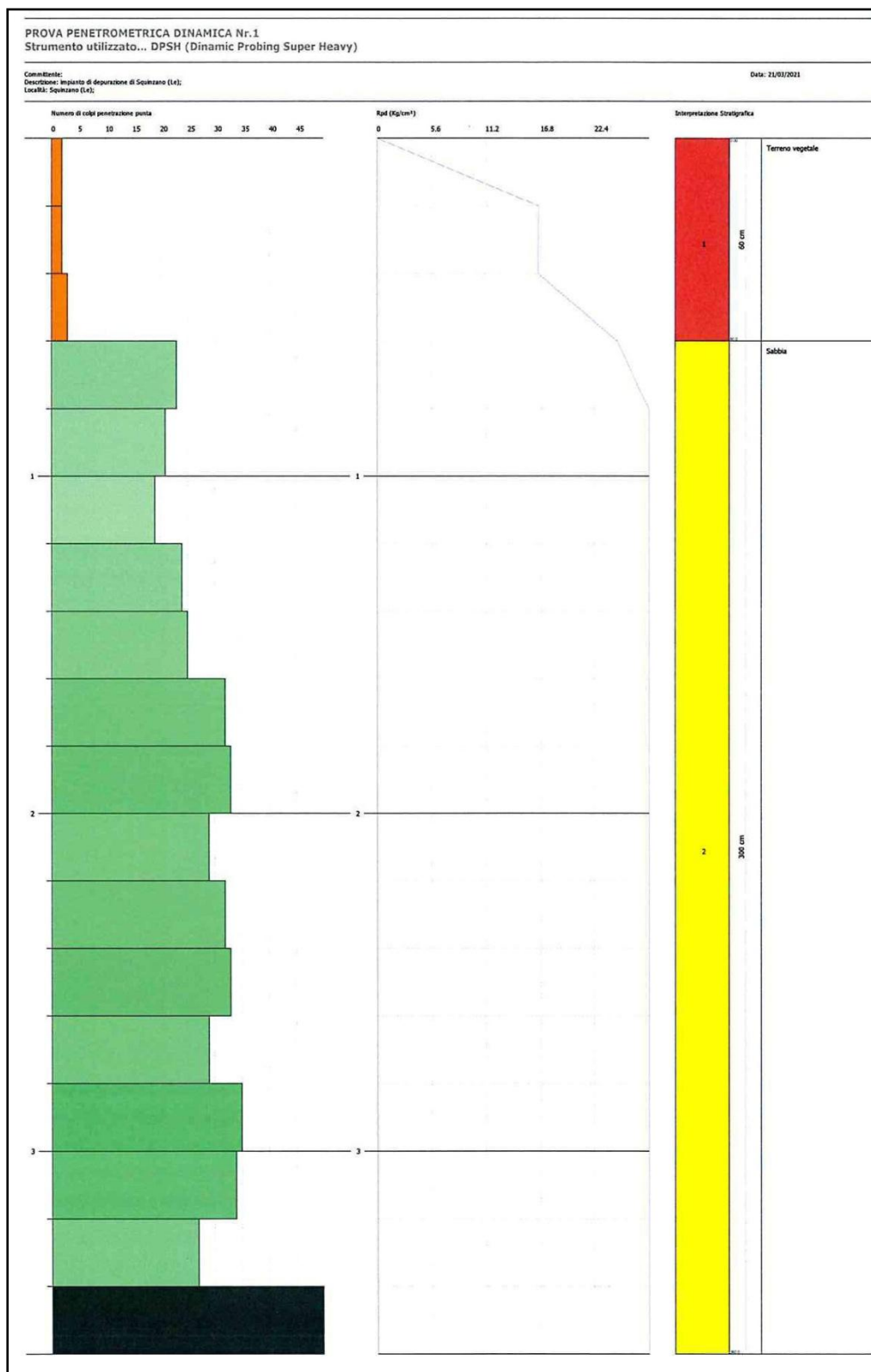


Figura 17 - Istogramma colpi/profondità, grafico della resistenza Rdp e l'interpretazione stratigrafica relativi al sondaggio penetrometrico DPHS1.

Alcuni parametri geotecnici sono stati ricavati direttamente da **analisi di laboratorio sul campione indisturbato prelevato nel sondaggio S1**. Nello specifico sono state effettuate:

- prove di riconoscimento e classificazione sui terreni
- analisi granulometrica
- determinazione dei parametri fisici
- limiti di atterberg
- prova di taglio diretto.

Tutti i dettagli tecnici relativi alle prove eseguite sono riportati nell'elaborato R.6 "CERTIFICATI ANALISI DI LABORATORIO". I risultati ottenuti risultano confrontabili con quelli desunti dalle prove penetrometriche (Tabella 3).

SONDAGGIO	S1
CAMPIONE	C1
Profondità campione	5,00-5,50
Caratteri litologici	sabbia con ghiaia limosa di colore marrone- giallastro
Peso di volume (kN/m³)	19,1
Peso di volume saturo (kN/m³)	19,4
Peso specifico (kN/m³)	26,2
Contenuto d'acqua (%)	24,6
Porosità (%)	41,5
Indice di consistenza	1,35
Coesione c (kPa)	5,5
Angolo di attrito ϕ (°)	32,9

Tabella 3 - Sintesi dei risultati delle analisi di laboratorio sul campione indisturbato.

L'analisi e l'interpretazione dei dati relativi alla sismica a rifrazione ha restituito un modello del sottosuolo coerente con i risultati delle indagini dirette. La Figura 18 mostra la tomografia sismica ottenuta per il profilo P1. Per una corretta comprensione dei risultati è opportuno ricordare che il sismostrato (strato sismico con caratteristiche sismiche omogenee) non corrisponde necessariamente ad un strato litologicamente omogeneo. Sono state distinte tre diverse unità:

sismostrato 1: è contraddistinto dalle velocità più basse, indicative di scadenti proprietà elastomeccaniche. L'unità, delimitata inferiormente dall'isolinea di 800 m/s, ha uno spessore di circa 2 m. Essa corrisponde al terreno vegetale agrario sabbioso-limoso ed alla porzione superiore dei depositi sabbiosi, alterata e/o rimaneggiata,

sismostrato 2: è caratterizzato da V_p comprese tra 800 m/sec e 1600 m/sec. Il limite inferiore è individuato da un gradiente più marcato delle velocità, che si può far corrispondere in maniera indicativa all'isolinea di 1600 m/s. Esso si attesta alla profondità di circa 7 m dalla superficie (spessore circa 5 m). Il sismostrato è riferibile ai depositi prevalentemente sabbiosi mediamente addensati.

sismostrato 3: è l'unità di base presente fino alle massime profondità di indagine raggiunte (circa 12-13 m dal piano campagna). Le velocità aumentano gradualmente verso il basso, da 1600 m/s ad oltre 2000 m/s, denotando un progressivo miglioramento delle proprietà elastomeccaniche dei depositi sabbiosi. All'interno del sismostrato si osservano alcune variazioni laterali delle velocità dovute a disomogeneità del grado di addensamento/consistenza dei materiali.

La tabella seguente riporta i parametri elastomeccanici desunti dai risultati delle tomografi sismiche:

SISMO-STRATO	PROFONDITÀ (M DAL P.C)	V_p MEDIA (M/S)	DENSITÀ (KG/M ³)	POISSON	Ed (KG/CM ²)	K (KG/CM ²)	G (KG/CM ²)
1	0 - 2	600	1600 - 1800	0,40	2740 - 3080	4567 - 5133	979 - 1100
2	2 - 7	1200	1800 - 2000	0,40	12330 - 13700	20550 - 22833	4406 - 4893
3	7 - 13	2000	2200 - 2200	0,40	30830 - 41860	51383 - 69767	11011 - 14950

Tabella 3. Parametri elastici stimati per i due sismostrati individuati in S1.
Ed: Modulo di Young dinamico; **K:** Modulo di Bulk o di Compressibilità; **G:** Modulo di Rigidità.

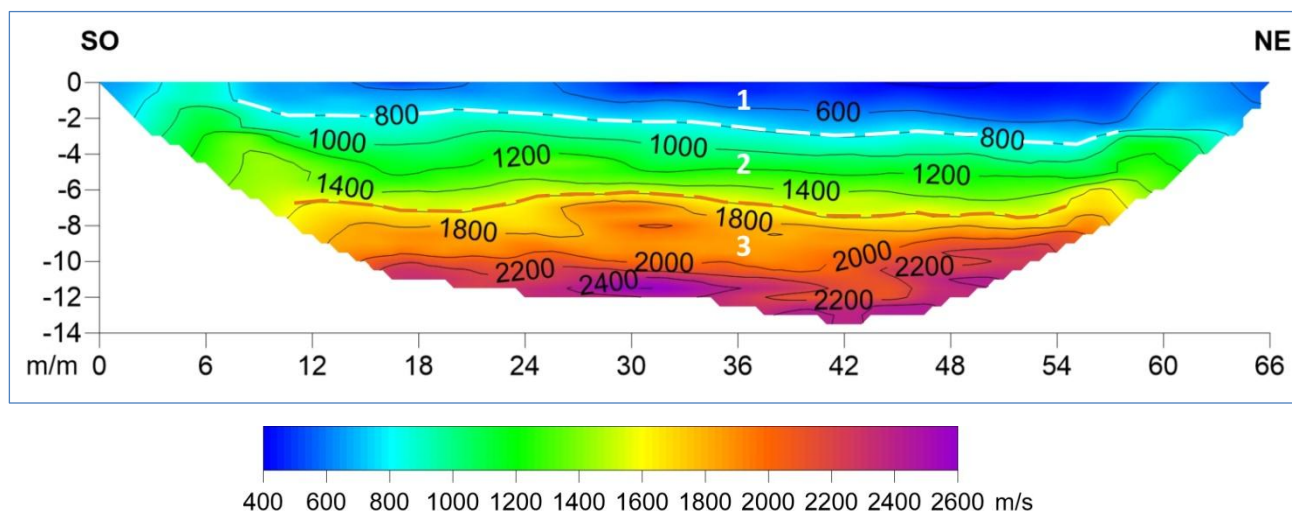
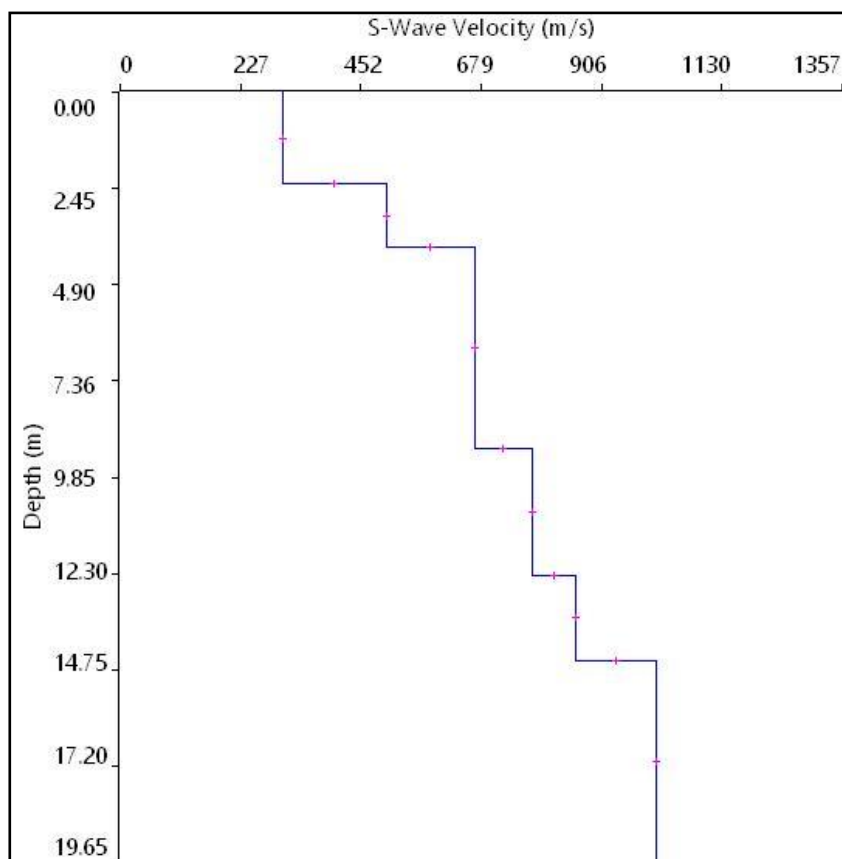


Figura 18 - Tomografia sismica in onde P (V_p) per il profilo S1.

In corrispondenza dello stendimento P1 è stata effettuata un'**acquisizione di tipo MASW** finalizzata alla classificazione sismica del sottosuolo di fondazione. Anche per le onde di taglio S si osserva un aumento delle velocità con la profondità. Nel modello (Figura 19) sono stati individuati 6 sismostrati caratterizzati da un progressivo miglioramento delle proprietà elastomeccaniche. Tenuto conto che il substrato sismico, rappresentato da valori di V_s superiori a 800 m/s, è stato individuato ad una profondità di circa 12 m, è stato calcolato un valore di V_s equivalente pari a $V_{s_{eq}} = 537 \text{ m/sec}$. Pertanto, secondo l'attuale normativa antisismica (D.M. 17/01/2018- Norme Tecniche per le Costruzioni) il sottosuolo investigato ricade nella **categoria B** ("Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.").



	Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson
Layer 1	2.35	0.00	305	747	0.400
Layer 2	1.61	2.35	501	1227	0.400
Layer 3	5.13	3.96	667	1634	0.400
Layer 4	3.23	9.09	774	1896	0.400
Layer 5	2.19	12.32	855	2094	0.400
Layer 6	INF	14.51	1009	2472	0.400

Figura 19 - Modello Vs del terreno ottenuto dall'acquisizione MASW.

5.2 RECAPITO FINALE

Come accennato in premessa, sono state eseguite delle indagini ad hoc per valutare le caratteristiche di permeabilità dei terreni nell'area circostante l'attuale recapito finale dei reflui depurati (Figura 20). L'ubicazione dei punti di indagine è stata definita in base alle indicazioni dei progettisti. Le prove di permeabilità a carico variabile (Lefranc) sono state realizzate in fori di perforazione opportunamente rivestiti, nel tratto compreso tra 2,00 m e 3,00 m dal piano campagna. In tutti i casi gli strati indagati risultano poco permeabili coerentemente con le caratteristiche litologiche e granulometriche dei materiali affioranti nell'area.

La Tabella 4 mostra i risultati ottenuti.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità di esecuzione	Coefficiente di permeabilità
		Tratto di prova (m)	K (m/s)
PE1	Lefranc CV	2,00 – 3,00	7.835E-07
PE2	Lefranc CV	2,00 – 3,00	4.069E-06
PE3	Lefranc CV	2,00 – 3,00	4.555E-06
PE4	Lefranc CV	2,00 – 3,00	4.806E-06
PE5	Lefranc CV	2,00 – 3,00	3.236E-06
PE6	Lefranc CV	2,00 – 3,00	2.078E-06

Tabella 4 - Coefficienti di permeabilità rilevati nella zona del recapito finale.

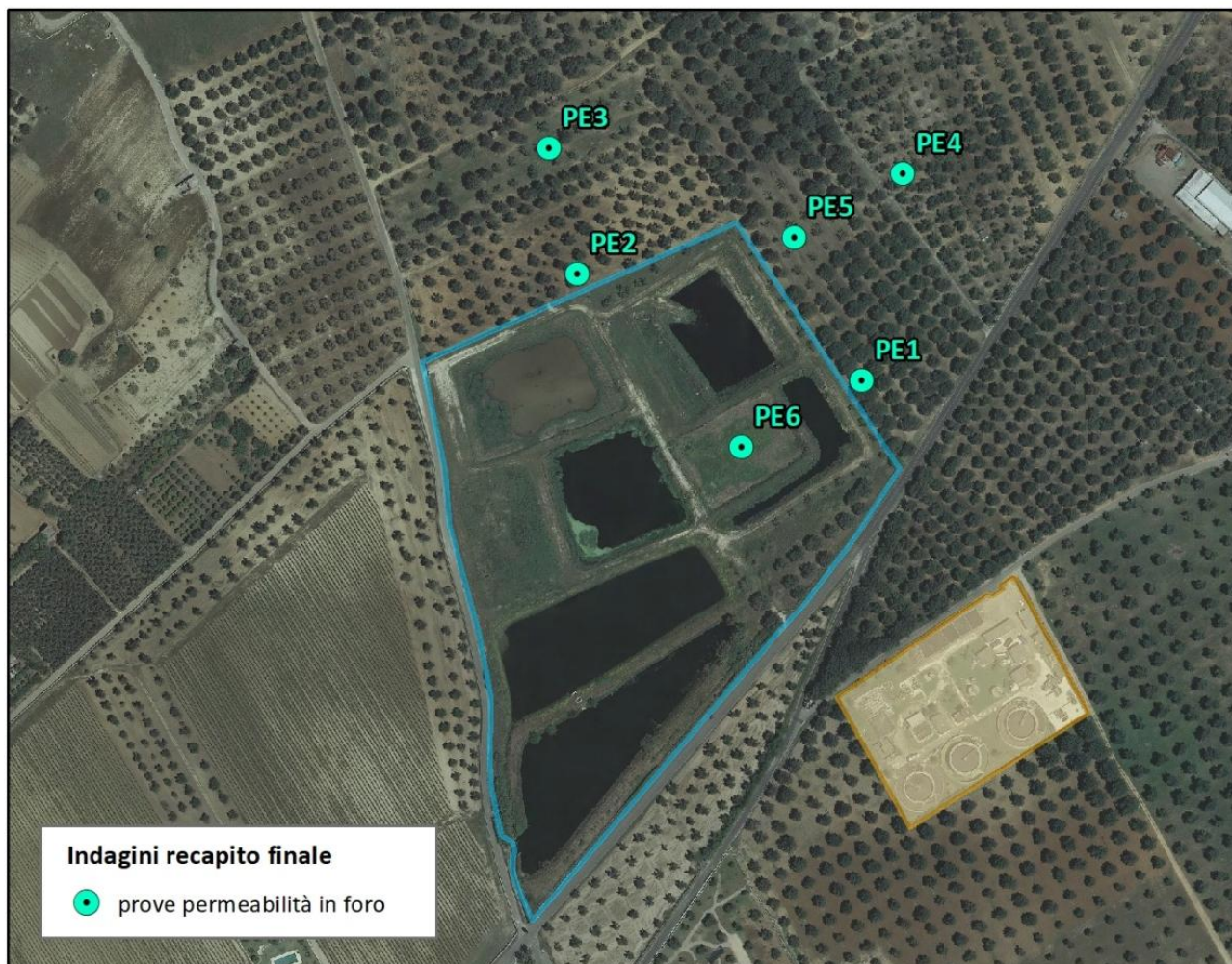



Figura 20 - Ubicazione delle indagini eseguite nella zona del recapito finale (vedi anche elaborato di progetto P.17 "PLANIMETRIA INDAGINI GEOGNOSTICHE")

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 31 di 33

6. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO

I dati e le informazioni complessivamente acquisiti sono stati integrati per ricostruire il modello geologico-tecnico di riferimento per l'area di sedime del depuratore. Di seguito si riepilogano gli aspetti più significativi.

MODELLO LITOSTRATIGRAFICO		
Unità	PROFONDITA' LIMITE INFERIORE (m dal p.c.)	DESCRIZIONE
copertura	0,6 a 2,80	è costituita nella parte superiore da riporto e/o terreno rimaneggiato e da terreno vegetale, seguiti in basso dalla porzione superficiale alterata dei depositi sottostanti prevalentemente sabbiosi
deposito prevalentemente sabbioso	15,00 (massima profondità di indagine raggiunta)	Sabbie e sabbie calcaree con granulometria medio-fine, di colore giallastro, da moderatamente addensate ad addensate e a tratti cementate. Rari gli intervalli sabbioso-limosi

L'unità di copertura risulta contraddistinta da parametri geotecnici scadenti. Essa ha uno spessore medio compreso tra 1 e 1,5 m.

Relativamente ai sottostanti depositi sabbiosi, le indagini eseguite indicano un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità in relazione ad un progressivo aumento del grado di addensamento dei materiali. In particolare oltre i 6-7 m dal piano campagna i depositi assumono una buona compatezza.

Nelle tabelle 5 e 6 si riportano i parametri geotecnici relativi alle due unità litotecniche. Quelli della copertura sono stati desunti dalle sole prospezioni simiche.


Infine secondo l'attuale normativa antisismica (D.M. 17/01/2018- Norme Tecniche per le Costruzioni) **il suolo investigato ricade nella categoria B ("Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.").**

PARAMETRI GEOTECNICI DELL'INTERVALLO DI COPERTURA	
Densità (kg/m ³)	$\gamma = 1600-1800 \text{ kg/m}^3$
Velocità media onde P	$V_p = 600 \text{ m/sec}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0,40$
Modulo di Young dinamico	$E_d = 2740 - 3080 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Bulk o Compressibilità	$K = 4567-5133 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di rigidità	$G = 979-1100 \text{ kg/cm}^2$

Tabella 5 - Parametri geotecnici dell'unità di copertura.

DEPOSITI PREVALEMENTEMENTE SABBIOSI	
Peso di volume naturale	$\gamma = 1900-2200 \text{ kg/cm}^3$
Coesione	$c = 0-0,056 \text{ kg/cm}^2$
Angolo di attrito	$\varphi = 32-40^\circ$
Contenuto d'acqua	$\omega = 24,6 \%$
Porosità	$n = 41,5 \%$
Indice di consistenza	$I_c = 1,35$
Densità relativa	$D_r = 80-100 \%$
Modulo edometrico	$E_{ed} = 80,75-124,97 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Young statico	$E_y = 204,70-312,25 \text{ kg/cm}^2$
Velocità media onde P	$V_p = 1550 \text{ m/sec}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0,30-0,40$
Modulo di Young dinamico	$E_d = 12330-41860 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Bulk o Compressibilità	$K = 20550-69767 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di rigidità	$G = 4406-14950 \text{ kg/cm}^2$

Tabella 6 - Parametri geotecnici dell'unità di base sabbiosa.

	Potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione Geologica</u>	R.5
		Maggio 2021
		Pagina 33 di 33

7. CONCLUSIONI

Lo studio riportato nella presente relazione ha fornito un quadro generale delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dell'area in cui è prevista la realizzazione degli interventi di potenziamento dell'impianto depurativo e del recapito finale a servizio dell'agglomerato di Squinzano. Nello specifico è emerso quanto segue:

- l'area di studio ricade nella porzione settentrionale della penisola salentina, caratterizzata da un'ampia superficie subpianeggiante con una debole pendenza verso mare. Non vi è idrografia di superficie e non si rilevano evidenze geomorfologiche riconducibili a fenomeni di instabilità potenziali o in atto;
- La successione litostratigrafica è costituita da:
 - Da 0 a 1.50 m dal p.c.: unità di copertura costituita da riporto, terreno vegetale e materiali sabbiosi alterati/rimaneggiati;
 - Da 1.50 a 15.00 m dal p.c.: depositi prevalentemente sabbiosi il cui grado di addensamento aumenta progressivamente con la profondità;
- la superficie freatica della falda si trova a circa 30 m di profondità e, di conseguenza, si possono escludere interferenze delle opere di progetto con la circolazione idrica sotterranea;
- il Comune di Squinzano è contraddistinto da un livello di pericolosità sismica "basso";
- il modello geologico-tecnico, ricostruito sulla base dei dati e delle informazioni complessivamente acquisiti, evidenzia che i materiali della copertura sono contraddistinti da scadenti proprietà meccaniche. Pertanto si raccomanda l'asportazione degli strati superficiali del terreno e di attestare le fondazioni nei sottostanti depositi sabbiosi
- in base ai risultati delle indagini sismiche, il sottosuolo di fondazione ricade nella categoria B ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"
- i terreni affioranti nelle aree circostanti l'attuale recapito finale del depuratore risultano poco permeabili.

In conclusione, fatte salve le raccomandazioni riportate, non si rilevano elementi ostativi alla progettazione degli interventi di potenziamento dell'impianto di depurazione.